**Cos'è CSES e cosa studia**

Il 14 giugno 2025 è programmato il lancio del secondo satellite della costellazione CSES (China Seismo-Electromagnetic Satellite), denominato **CSES-02**.
Questo satellite, frutto della collaborazione tra l’Agenzia Spaziale Cinese (CNSA) e quella Italiana (ASI), opererà insieme a CSES-01, lanciato nel 2018 e tuttora operativo.
La missione è volta a studiare fenomeni elettromagnetici, ionosferici e magnetosferici associati ai terremoti cercando possibili correlazioni spazio-temporali con l’insorgere di eventi sismici di forte intensità. La missione studia anche i fenomeni ionosferici legati ad altre attività geofisiche e di Space Weather, come le tempeste geomagnetiche, le particelle solari di alta energia.
CSES-02 sarà inserito in un’orbita polare a circa 500 km di quota, analogamente a CSES-01 ma sfasato di 180°. Operando in tandem con il primo satellite ne risulterà un “rivisiting time” più breve (circa 2.5 giorni invece di 5 della singola missione), inoltre CSES-02 sarà operativo a tutte le latitudini; quindi, permetterà una maggiore copertura geografica.

La **strumentazione scientifica** di CSES-02 condivide la filosofia di CSES-01, ma con alcune novità significative, con un totale di undici strumenti principali a bordo, dedicati a diverse misure fisiche. In particolare l’Italia ha realizzato direttamente due strumenti a bordo: **HEPD-02** il rivelatore di particelle ad alta energia e **EFD-02** per la misura del campo elettrico.

La partecipazione italiana alle missioni CSES, denominata **Collaborazione Limadou**, è coordinata dall’ASI (Agenzia Spaziale Italiana) e vede la partecipazione di INFN (coordinatore scientifico), INAF, INGV, CNR e diverse università italiane.
**Li Madou** è il nome in lingua mandarina di Matteo Ricci, il gesuita italiano che nel XVI secolo fu tra i primi a creare un ponte culturale tra Italia e Cina.

**Chi partecipa dall’Italia a CSES-02**

Di seguito i principali attori e i rispettivi ruoli:

* **Agenzia Spaziale Italiana (ASI)** – Responsabile del coordinamento con la CNSA cinese. ASI finanzia il progetto tramite accordi e gestisce l’acquisizione, il processamento e la distribuzione dei dati scientifici attraverso il proprio centro SSDC (Space Science Data Center).
* **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)** – Principale partner tecnico-scientifico dell’ASI nel progetto CSES. Cura la progettazione, la realizzazione ed il test di HEPD-02 e, in collaborazione con INAF, del nuovo EFD-02.
* **Istituto Nazionale di Astrofisica – tramite IAPS/INAF (Roma)** –
Ha collaborato con l’INFN allo sviluppo e al test del rivelatore EFD-02, ed è responsabile delle attività di analisi dati e interpretazione scientifica dei dati ionosferici e magnetosferici, forte dell’esperienza astrofisica nelle osservazioni satellitari dei fenomeni solari e astrofisici.
* **Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)** – Contribuisce con la sua esperienza nel dominio dei fenomeni sismici e geomagnetici. L’INGV partecipa all’analisi dei dati e allo sviluppo di modelli fisici.
* **Consiglio Nazionale delle Ricerche – IFAC/CNR** – Il CNR ha collaborato nello sviluppo strumentale ed il test di HEPD-02.
* **Università e altri enti di ricerca** – Diverse università italiane sono parte integrante della collaborazione Limadou, fornendo gruppi di ricerca e competenze specifiche. In particolare, l’**Università dell’Aquila**, l’**Università di Bologna**, l’**Università di Roma Tor Vergata,** l’**Università di Torino**, e l’**Università di Trento** partecipano sia allo sviluppo hardware (in sinergia con le sezioni INFN locali) sia all’analisi scientifica dei dati e alla modellizzazione dei fenomeni geofisici osservati. Anche l’**Università Telematica Internazionale UNINETTUNO** è coinvolta, contribuendo a progetti di analisi dati e formazione specialistica nell’ambito del programma CSES.

**Gli strumenti italiani a bordo di CSES-02**

L’Italia, attraverso la collaborazione *Limadou* formata da ASI, INFN, INAF, CNR, INGV insieme a varie università, ha sviluppato qualificato e calibrato in Italia due degli undici strumenti a bordo:

* **HEPD-02** rivelatore di particelle di alta energia. Questo strumento è progettato per misurare con grande precisione flussi di particelle, permettendo alla missione di investigare le emissioni e i movimenti delle particelle attorno alla Terra, fornendo un quadro completo dalla bassa all’alta energia.
* **EFD-02** per la misura del campo elettrico. Questo strumento di seconda generazione presenta significative migliorie tecniche rispetto ai predecessori, permettendo a CSES-02 di ottenere dati di qualità superiore e di affrontare quesiti scientifici rimasti aperti dopo la prima missione.

**I risultati scientifici di CSES-01**

CSES-01 ha prodotto risultati scientifici significativi in due principali ambiti: fenomeni geofisici e sismici, e fisica dei raggi cosmici e dello Space Weather. Nel primo ambito, uno dei contributi più rilevanti è stato lo sviluppo di un modello che descrive l’accoppiamento tra litosfera, atmosfera e ionosfera durante eventi sismici. I dati raccolti da CSES-01 hanno confermato che onde acustico-gravitazionali generate da forti terremoti e esplosioni vulcaniche possono propagarsi fino alla ionosfera, causando variazioni nei parametri ionosferici pochi minuti dopo il sisma. Sebbene non siano stati identificati precursori sismici chiari e ripetibili, la missione ha esplorato a fondo tale possibilità, suggerendo che se tali effetti esistono, potrebbero essere molto deboli o rari, richiedendo strumenti più sensibili come HEPD-02 ed EFD-02. Tra gli eventi geofisici osservati, l’eruzione del vulcano sottomarino Hunga Tonga nel gennaio 2022 ha mostrato oscillazioni nel campo elettrico e magnetico a bassa frequenza, confermando la capacità dei satelliti CSES di monitorare perturbazioni atmosferiche e ionosferiche globali causate da eventi estremi.

Nel contesto della fisica dei raggi cosmici e dello Space Weather, CSES-01 ha esteso l’osservazione dei raggi cosmici a bassa energia in orbita bassa, in particolare registrando flussi di protoni cosmici durante il minimo solare (2018-2022), permettendo confronti con modelli di propagazione eliosferica e con dati di altre missioni (come PAMELA e AMS-02). La missione ha inoltre documentato eventi solari estremi, come il Ground Level Enhancement (GLE) del 28 ottobre 2021, fornendo preziose informazioni sulla propagazione delle particelle solari e la loro interazione con il campo magnetico terrestre. CSES-01 ha anche esplorato l’interazione onda-particella nelle fasce di Van Allen, osservando come tempeste geomagnetiche e sorgenti terrestri, come trasmettitori radio a bassa frequenza (VLF), influenzino il contenuto di particelle intrappolate. Un risultato peculiare è stata la rilevazione di fasce di radiazione artificiali indotte da emissioni VLF terrestri e l’identificazione di precipitazioni elettroniche indotte da fulmini su scala globale. Inoltre, CSES-01 ha esplorato l’influenza di fenomeni astrofisici estremi, come lampi gamma, rilevando le perturbazioni ionosferiche associate, dimostrando così la sensibilità della missione anche a eventi di origine astrofisica.

**In breve**

* La missione affronta temi di grande rilevanza come lo studio degli accoppiamenti tra litosfera e ionosfera, nonchè il monitoraggio del meteo spaziale.
* Il ruolo da protagonista dell'Italia e la fornitura di tecnologia avanzata "Made in Italy" con una collaborazione nazionale tra istituti e università rafforzano l'interesse nazionale.
* L'uso di tecnologie innovative, la configurazione a costellazione con CSES-01 e la capacità di rilevare GRB sono elementi distintivi aggiuntivi.
* La collaborazione internazionale di alto profilo e il richiamo storico/culturale del nome "Limadou" possono aggiungere valore.